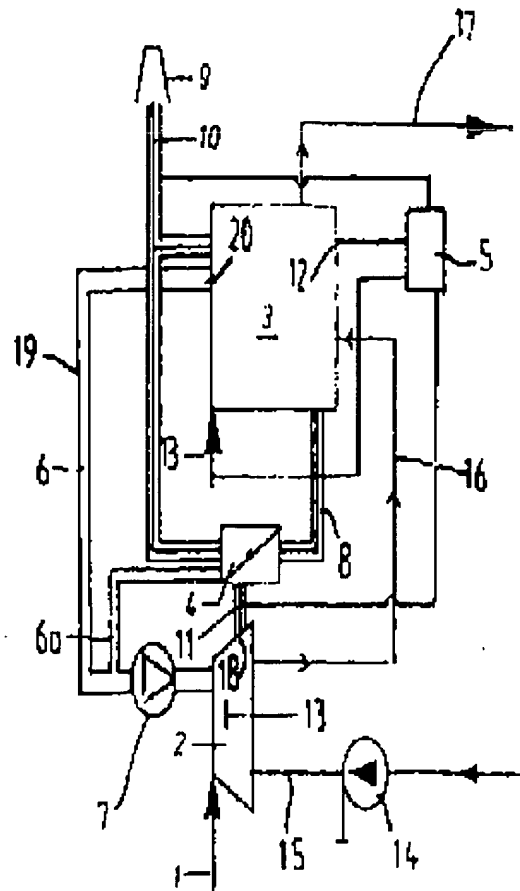


AN: PAT 1990-030673
TI: Operating IC engine and/or gas turbine plant involves dividing exhaust gases, with portion recirculated for boiler heating
PN: **DE3824813-A**
PD: 25.01.1990
AB: The exhaust gases from an i.e. engine (2) and/or a gas turbine are utilised for heating a boiler (3) which supplies hot water through a pipe (17). The exhaust gases flow through pipe equipped with a device (11) which measures the quantity of oxygen and unburnt fuel in the exhaust gases. The device is connected to a control (5) which determines the amount of extra fuel (13) to be supplied to ensure complete combustion in the boiler. At the same time the supply of fuel is controlled so that the formation of nitrous-oxide is prevented. The system thus utilises waste heat and also prevents the discharge of harmful gases into the atmos.; For combined power plant and heating system, with reduced harmful components in the released exhaust gas.
PA: (SCHN/) SCHNEIDER A; (SCUN/) SCHNEIDER A;
IN: WESTER H J;
FA: **DE3824813-A** 25.01.1990; **DE3824813-C** 11.07.1991;
CO: DE;
IC: F01K-023/00; F01N-003/36; F01N-005/02; F02B-047/08; F02B-065/00; F02C-003/34; F02C-006/18; F02G-005/02; F22B-001/18; F23G-007/06; F23N-005/00;
DC: Q51; Q52; Q72; Q73;
FN: 1990030673.gif
PR: **DE3824813** 21.07.1988;
FP: 25.01.1990
UP: 11.07.1991



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 38 24 813 C 2

⑳ Aktenzeichen: P 38 24 813.1-13
㉑ Anmeldetag: 21. 7. 88
㉒ Offenlegungstag: 25. 1. 90
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 7. 91

⑤1 Int. Cl.⁵:
F 02 G 5/02
F 23 G 7/06
F 02 C 6/18
F 01 N 3/36
F 01 N 5/02
F 02 C 3/34
F 02 B 47/08
F 23 N 5/00

DE 38 24 813 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Schneider, Arno, Dipl.-Ing., 5307 Wachtberg, DE;
Wester, Hermann-Josef, Dipl.-Ing., 5000 Köln, DE

㉕ Vertreter:

Koch, T., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 5300 Bonn

㉖ Erfinder:

gleich Patentinhaber

㉗ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 25 47 858
JP 60-1 56 921 A, In: Patent Abstr. of Japan, Sect. M.
Vol. 9 (1985), Nr. 322 (M-440);

㉘ Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder einer Gasturbinenanlage und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens mit integrierter Abgasnachbehandlung, insbesondere zur Verwendung in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen

DE 38 24 813 C 2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage, insbesondere von Dieselmotoren, deren Rauchgase zumindest teilweise direkt in den Brenner einer Nachbrennkammer eines Prozeßofens oder einer Kesselanlage geführt werden, um Rußbestandteile oder andere Verunreinigungen der Rauchgase dort ohne zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe lediglich unter Brennstoffzufuhr und unter erhöhter Temperatur der Rauchgase auszubrennen, wobei der Betrieb der Motoren- und/oder Turbinenanlage parallel zu dem der Kesselanlage bzw. des Prozeßofens erfolgt, sowie auf eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens und deren Verwendung in Kraft-Wärme-Kopplungssystemen.

Derartige Anlagen zur Rauchgasreinigung bei Brennkraftmaschinen sind gemäß der DE-OS 25 47 858 bekannt.

Die dort insbesondere durch den Betrieb von Dieselmotoren entstehenden Abgase werden dabei direkt in den Brenner einer Nachbrennkammer gebracht, wobei der Nachbrennkammer ein Abhitzekegel für die heißen Abgabe nachgeschaltet ist.

Die den Dieselmotor etwa mit einer Temperatur von 400° und mit einem O₂-Gehalt von 10—17 Volumen-%, insbesondere 15—16 Volumen-%, verlassenden Abgase werden dabei ohne zusätzliche Verbrennungsluft unter bloßer Zuführung von Brennstoff in den Brenner der Nachbrennkammer auf ca. 800° erhitzt, wobei die nachbrennbaren Bestandteile der Abgase vollständig ausgebrannt werden sollen.

Diese gereinigten Abgase erzeugen dann in dem der Nachbrennkammer nachgeschalteten Abhitzekegel hochgespannten Dampf in einem Sekundär-Kreis und verlassen den Abhitzekegel mit 160°C. Die Rauchgase sollen insofern vollkommen frei von Rußbestandteilen und Schwelgasen den Schornstein dieser ein "Kraft-Wärme-Kopplungssystem" darstellenden Anlage verlassen.

Der in dieser Nachverbrennungsstufe zuzuführende Brennstoff wird dabei der dem Abhitzekegel vorgeschalteten Nachbrennkammer über eine in Abhängigkeit vom O₂-Gehalt und der Temperatur der Abgase betätigte, verstellbare Dosiervorrichtung zugeführt.

Dieses bekannte System ermöglicht insofern eine Reinigung von Rauchgasen, sofern die zu verbrennenden Bestandteile und unverbrennbare Schadstoffe bei relativ niedrigen Temperaturen verbrannt, reduziert oder anderweitig abgebaut werden können.

Sofern eine Verbrennung von Kohlenwasserstoffen, Kohlenwasserstoffverbindungen und von anderen Schadstoffen und Verbrennungsprodukten erfolgen soll, welche Sauerstoffbindungsenergien aufweisen, welche größer als die von Kohlendioxyd sind, ist vorgesehene Verbrennungstemperatur von 800°C zu gering, um diese Schadstoffe und restlichen Verbrennungsprodukte der Rauchgase abzubauen.

Eine Reinigung von mit derartigen restlichen Verbrennungsprodukten und Schadstoffen behafteten Rauchgasen, welche eine Nachverbrennung bei Temperaturen über 800°C aufweisen müßte, ist bei diesem bekannten Verfahren nicht möglich. So werden bekanntlich insbesondere Stickstoffoxyde im stärkeren Umfang bei Verbrennungstemperaturen von mehr als 1200°C gebildet, wobei auch schon bei niedrigeren Temperaturen eine Bildung von Stickstoffoxyden in ge-

ringerem Umfang eintritt. Gleiche Schwierigkeiten ergeben sich für die Reinigung der Rauchgase von Kohlenmonoxyd.

Grundsätzlich ist es dabei mit dieser bekannten Anlage zur Rauchgasreinigung von Brennkraftmaschinen möglich, einerseits über einen von der Brennkraftmaschine mittels Lastgetriebe angetriebenen Generator die notwendige elektrische Energie für die Stromversorgung herzustellen und andererseits die beim Betrieb der Motoren- bzw. Gasturbinenanlage anfallende Wärme aus dem Kühlwasser oder über den der Nachbrennkammer nachgeschalteten Abhitzekegel auszukoppeln und in das Verteilsystem des zu versorgenden Objektes einzuspeisen. Dadurch wird dann neben dem eigentlichen Strombedarf ferner die Wärmegrundlast des Objektes gedeckt. Spitzenlasten des Wärmebedarfs werden dabei durch eine zusätzliche konventionelle Anlage zur Wärmeerzeugung gedeckt. Derartige Kraft-Wärme-Kopplungssysteme sind dabei so ausgelegt, daß die die größere finanzielle Investition erfordernde Einrichtung zeitlich möglichst ununterbrochen betrieben wird, dagegen die Einrichtung zur Deckung der Spitzenbelastungen möglichst mit einer geringeren Investition erstellt und betrieben wird. Derartige Anlagen werden dabei herkömmlich als "Blockheizkraftwerke" bezeichnet.

Gemäß der JP-OS 60-1 56 921 ist ein Verfahren zur Denitrifizierung von Abgasen aus Dieselmotoren und Gasturbinen bekannt, wobei eine Denitrifizierung alleine durch Abgasnachbehandlung ohne die Verwendung eines Katalysators für die Denitrifizierung möglich ist. Es werden dabei die einen Dieselmotor verlassenden Abgase in die Luftkammer einer Brennkammer geführt. Im Mittelteil der Luftkammer ist dabei der Hauptbrenner angeordnet, wobei im oberen Teil der Luftkammer die Abgase über ein Rohr zugeführt werden. In einem Erstverbrennungsbereich (A) (Hauptverbrennungsbereich) wird dabei primärer Brennstoff dem Hauptbrenner zugeführt. Im unteren Teil der Luftkammer mündet dabei ein Luftzuführungsrohr, so daß im Erstverbrennungsbereich (A) brennbare Bestandteile der zugeführten Rauchgase unter Brennstoffzufuhr und zusätzlicher Verbrennungsluftbeigabe verbrannt werden können.

In dieser Kesselanlage ist dabei dem Erstverbrennungsbereich (A) ein Sekundär-Verbrennungsbereich (B) (Reduktionsverbrennungsbereich) nachgeschaltet. Dieser Sekundär-Verbrennungsbereich weist dabei einen "Sekundär-Brenner" auf, welcher dem "Nachlaufbereich" des ersten Verbrennungsbereiches gegenüber liegt. In diesem Sekundär-Verbrennungsbereich (B) werden dabei Sekundär-Brennstoffe der Kesselbrennstoffe zugeführt. Eine besondere Beigabe von Verbrennungsluft über das untere Luftzuführungsrohr ist dabei nicht vorgesehen. Am hinteren Ende der Brennkammer ist dabei ein Tertiär-Verbrennungsbereich (Totalverbrennungsbereich) angeordnet. In diesen mündet dabei eine Abzweigung des Luftzuführungsrohres.

Aufgrund des Sauerstoffmangels in der Reduktionsatmosphäre des Sekundär-Verbrennungsbereiches und der dort vom Sekundär-Brenner eingesprühten, dort zu verbrennenden Sekundär-Brennstoffe kann dabei in diesem Sekundär-Verbrennungsbereich (B) das Stickoxyd in molekularen Stickstoff und molekularen Sauerstoff aufgetrennt werden. Insofern kann auch das während der Behandlung im Primär-Verbrennungsbereich entstehende Stickoxyd im Sekundär-Verbrennungsbereich abgesenkt werden. In dem tertiären Verbrennungsbereich (C) werden dann jene Teile des Abgases,

welche im Sekundär-Verbrennungsbereich (B) nicht verbrannt wurden, durch zugeführte frische Luft verbrannt. Gemäß diesem Verfahren ist es nun möglich, Schadstoffe wie Stickoxyde aufzutrennen und somit aus dem Abgas zu beseitigen.

Schwierigkeiten ergeben sich aber insofern, als bei größeren Verbrennungstemperaturen in dem tertiären Verbrennungsbereich (C) ein neuerliches Auftreten von Stickoxyden erfolgen kann. Ferner ist es nicht möglich, gemäß diesem Verfahren andere im Rauchgas vorhandene Schadstoffe als Stickoxyde zu beseitigen, wie z. B. Kohlenmonoxyd, und insbesondere solche brennbaren Bestandteile der Rauchgase zu beseitigen, wie Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen, welche eine hohe "Sauerstoff-Bindungsenergie" ihrer an sich reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen aufweisen. Ferner ist dieses Verfahren insofern von Nachteil, als nicht von vornherein im Dieselmotor bzw. der Brennkammer der Gasturbinen das Entstehen von Schadstoffen niedrig gehalten werden kann. So ist keine Abgas-Rückführung gereinigter Rauchgase vorgesehen, durch welche der Verbrennungsprozeß in den Gasturbinen bzw. dem Dieselmotor derart beeinflussbar wäre, daß die Bildung von Schadstoffen niedrig gehalten wird.

Insbesondere ist es gemäß diesem Verfahren nicht möglich, den Stickoxyd-Gehalt der Abgase völlig abzusinken. Vielmehr weisen diese nach Verlassen der Brennkammer immer noch die für die Kesselabgase üblichen Stickoxyd-Werte auf (etwa 150–200 ppm).

Im Gegensatz zur Anlage zur Rauchgasreinigung bei Brennkraftmaschinen gemäß der DE-OS 25 47 858 betrifft somit die Anlage gemäß der JP-OS 60-1 56 921 lediglich eine Kesselanlage, bei welcher die Rauchgase von Dieselmotoren und Gasturbinen auf Stickoxyd-Werte von Kesselabgasen absenkbar sind, wogegen keine vollständige Ausbrennung der Abgase bezüglich solcher Restbestandteile möglich ist, welche bis zu Temperaturen von 800°C ausbrennbar sind.

Ausgehend von einer Anlage zur Rauchgasreinigung bei Brennkraftmaschinen gemäß der DE-OS 25 47 858 besteht daher die Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage, insbesondere als Kraft-Wärme-Kopplungssystem, der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welcher der Abgasstrom, welcher den Prozeßofen oder die Kesselanlage über den Kamin in die Umwelt verläßt, nur noch eine äußerst geringe Restschadstoffbelastung aufweist. Es soll dabei möglich sein, sämtliche brennbaren Restbestandteile der Primär-Brennstoffe aus dem Hauptverbrennungsprozeß in der Antriebsmaschine als auch brennbare Bestandteile aus der Nachverbrennungsstufe aus dem Rauchgas weitgehend zu beseitigen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Ausbildung des Verfahrens gemäß Oberbegriff des Hauptanspruches nach dessen kennzeichnenden Teil vorgesehen, wobei in einer ersten Nachverbrennungsstufe in der Nachbrennkammer unmittelbar oder nach einer kurzen Strecke hinter dem Auslaß der Motoren- und/oder Gasturbinenanlage zunächst nur solche Bestandteile der Rauchgase ausgebrannt werden, welche kleinere Sauerstoffbindungsenergien als Kohlendioxyd aufweisen, wobei die ohne zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe erfolgende Brennstoffzufuhr zumindest in einer derartigen Menge erfolgt, daß eine nahezu stöchiometrische Reduktion aller freien Sauerstoffmengen und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmenge dieser zu verbren-

nenden oder aufzuspaltenden Rauchgasbestandteile erfolgt, und zwar bis auf die Restsauerstoffmengen der bei diesen Temperaturen nicht zu verbrennenden Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen, welche höhere Bindungsenergien als Kohlendioxyd aufweisen, und wobei aufgrund des gegebenen Verbrennungsluftmangels und trotz der sich einstellenden hohen Rauchgastemperaturen bei der Nachverbrennung eine Bildung von Schadstoffen wie Stickoxyden und Kohlenmonoxyd von vornherein niedrig gehalten und deren vorhandene Menge abgesenkt wird, wobei ferner diese teilweise ausgebrannten Rauchgase einer zweiten Nachverbrennung unterworfen werden, in welcher die Verbrennung und chemische Aufspaltung der in der ersten Nachverbrennungsstufe unverbrannt gebliebenen Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen in einer weiteren Nachbrennkammer eines ersten oder eines weiteren Prozeßofens oder einer derartigen Kesselanlage erfolgt, wobei ferner diese unverbrannten Kohlenwasserstoffe und/oder Kohlenwasserstoffverbindungen nahezu stöchiometrisch durch dosierte Brennstoff- und Sauerstoff- bzw. Verbrennungsluftzugabe bei den dazu notwendigen Verbrennungstemperaturen ausgebrannt und gespalten werden, womit aufgrund des aufrecht erhaltenen Verbrennungsluft- und -sauerstoffmangels eine zusätzliche Bildung von Schadstoffen wie Stickoxyden und Kohlenmonoxyd im wesentlichen nicht erfolgen kann, wobei schließlich der derart gereinigte Rauchgasstrom aus dieser zweiten Nachverbrennungsstufe teilweise den Brennkammern oder den Verbrennungsräumen der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage unter Verringerung der sich dort im Betrieb einstellenden Verbrennungstemperaturen und unter Verringerung der sich dort ergebenden Stickoxyd-Schadstoffbildung rückgeführt wird.

Gemäß diesem Verfahren ist es möglich, in der ersten Nachverbrennungsstufe durch Zugabe zusätzlicher Primär-Brennstoffmengen zu den noch im Rauchgas enthaltenen unverbrannten Brennstoffmengen eine nahezu stöchiometrische Reduktion aller freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen der zu verbrennenden oder aufzuspaltenden Rauchgasbestandteile vorzunehmen, deren Bindungsenergie kleiner/gleich der von Kohlendioxyd ist. Solche freien oder gebundenen Sauerstoffgruppen gilt es dabei zu binden, da sie geeignet sind, mit molekularen Stickstoff, z. B. zu Stickoxyd zu reagieren, sofern sie nicht durch die Zufuhr von Brennstoffen bei hohen Temperaturen durch die Verbrennung dieser Stoffe gebunden werden. Zur Einbringung der zusätzlichen Brennstoffe ist es dabei notwendig, die Restsauerstoffkonzentration in den Rauchgasen zu messen, so daß sich eine nahezu stöchiometrische Umsetzung bzw. Reduktion der Bestandteile der Rauchgase erzielen läßt, welche kleinere Sauerstoffbindungsenergien als Kohlendioxyd aufweisen, wobei dann eine Reduktion von NO_x , CO und HC erfolgt.

Zu diesem Zweck erfolgt eine Regelung der Brennstoffzufuhr in Abhängigkeit von den im Rauchgas unmittelbar hinter der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage gemessenen Restsauerstoffkonzentrationen und unverbrannten Primär-Brennstoffmengen bzw. -partikel. Es sind dabei alle freien und gebundenen reaktiven oder molekularen Sauerstoffmengen (z. B. NO_x , SO_2 , CO) oder Gasgemische daraus zu berücksichtigen, sowie ferner z. B. Druck und Temperatur.

Diese teilweise ausgebrannten Rauchgase werden dann einer zweiten Nachverbrennung in einer weiteren

Nachbrennkammer eines Prozeßofens oder einer Kesselanlage zugeführt, wobei eine Verbrennung oder chemische Aufspaltung der in der ersten Nachverbrennungsstufe unverbrannt gebliebenen Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen erfolgt, welche als solche nicht durch Reduktion abgebaut werden können, sondern oxidiert werden müssen. Dabei erfolgt in der Nachbrennkammer des Prozeßofens oder der Kesselanlage eine dosierte Brennstoff- und Sauerstoff- bzw. Verbrennungsluftzugabe unter den zur Verbrennung der Kohlenwasserstoffe oder Kohlenwasserstoffverbindungen notwendigen Temperaturen. Die Zugabe von Brennstoffen und Sauerstoff erfolgt dabei nahezu stöchiometrisch, um die Bildung von Schadstoffen wie NO_x und CO in dieser zweiten Verbrennungsstufe ebenfalls zu verhindern, entsprechend den Restsauerstoffmengen und weiteren Parametern, wobei in der dann folgenden Oxydation im Rauchgas keine Stickstoffverbindungen mehr vorhanden sind.

Durch die schließlich erfolgende teilweise Rückführung der die zweite Nachverbrennungsstufe verlassenden gereinigten Rauchgase in die Brennkammern oder den Verbrennungsräumen der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage tritt dort eine Verringerung der sich im Betrieb einstellenden Verbrennungstemperaturen und damit eine Verringerung der sich ergebenden NO_x -Schadstoffbildung ein. Es ist dabei möglich, eine saubere Verbrennung der zugeführten Primärbrennstoffe und der Rauchgase so durchzuführen, daß die Verbrennung nahezu ideal abläuft, also im Rauchgas fast keine Restsauerstoffe mehr vorhanden sind, sondern dort lediglich Kohlendioxyd und Wasserdampf sowie gegebenenfalls molekularer Stickstoff anfällt. Insbesondere gegenüber herkömmlich betriebenen Gasturbinenanlagen ergibt sich insofern ein großer Vorteil, als bei deren Betrieb bekanntlich ein größerer Anteil von "freiem Sauerstoff" anfällt.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird also außerhalb der eigentlichen Brennkammern der Verbrennungsmotor- und/oder Gasturbinenanlage in den Nachbrennkammern eines Abhitzeessels oder eines Prozeßofens ein separater Verbrennungsvorgang zur Abgasnachbehandlung geschaffen, welche insofern durch Oxydation oder Reduktion der Schadstoffe zu deren Beseitigung führt.

Prozeßofen und Kesselanlage werden dabei gleichzeitig synchron mit der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage betrieben, wobei das gereinigte Rauchgas teilweise deren Brennkammern zugeführt wird, wobei sich ein hoher Wirkungsgrad bei einem geringen Brennstoffverbrauch ergibt.

Die bei Verbrennungstemperaturen zwischen $1200-1300^\circ\text{C}$ anfallenden Dioxine können bei genügend langer Verweilzeit und ausreichenden Temperaturen der Nachverbrennung aufgeschlossen und abgebaut werden. Diese Verweilzeit läßt sich dabei durch eine geeignete Dimensionierung der Größe der Kesselanlage und durch eine geeignete Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit der Rauchgase erreichen.

Der Abbau der schädlichen Bestandteile der Rauchgase in den Nachbrennkammern einer Kesselanlage bzw. eines Prozeßofens ist dabei deshalb möglich, weil dort die Verbrennungsgeschwindigkeiten sehr viel geringer als bei einem Verbrennungsmotor oder einer Gasturbinenanlage sind. Insofern ist es möglich, den "Abgasverbrennungsprozeß" in der Kesselanlage bzw. im Prozeßofen z. B. unter Eindüsung zusätzlicher Primärbrennstoffe oder auch von Sauerstoff derart zu

steuern, daß eine nahezu "ideale Verbrennung" abläuft, also Schadstoffe wie NO_x , CO , HC , SO_2 nicht gebildet und vorhandene Schadstoffe verbrannt bzw. reduziert werden.

Die Größe der gleichzeitig mit der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage zu fahrenden Kesselanlage bzw. des Prozeßofens ist dabei an die Größe der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage anzupassen. Bei einem vorgegebenen Prozeßofen ist dabei die Größe der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage, insbesondere die Anzahl und Leistung der einzelnen, in diesen Anlagen verwendeten Einheiten, der Art des vorgegebenen Prozeßofens und der in ihm herzustellenden Produkte oder ablaufenden Verfahrensgänge anzupassen.

Trotz des in der Kesselanlage und in dem Prozeßofen erzielten optimalen thermischen Wirkungsgrades und der vorliegenden hohen Verbrennungstemperaturen ist es dabei möglich, die Stickoxyd-Bildungsrate äußerst gering zu halten, wobei der Verbrennungsprozeß derart gesteuert wird, daß eine nahezu exakte stöchiometrische Verbrennung mit Sauerstoff stattfindet. Da insofern im Rauchgas der zweiten Nachverbrennungsstufe kein freier Sauerstoff vorhanden ist, können auch nur geringe NO_x , CO , HC -Bestandteile im Rauchgas enthalten sein.

In der ersten Nachverbrennungsstufe erfolgt dabei keine zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe, wobei die Verbrennung z. B. allein aufgrund eines 5–15%igen Restsauerstoffanteils im Rauchgas der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage erfolgt. Zur Brennstoffzufuhr eignen sich dabei Primärbrennstoffe wie z. B. Öl (Diesel, Heizöl, Rapsöl, Petroleum) oder Gas (Erd-, Deponie-, Bio-, Flüssig- oder Kokereigas).

Für die getrennte Verbrennung der Schadstoffe und der Restsauerstoffmengen in dem z. B. eine Temperatur größer als 450°C aufweisenden Rauchgas können dabei alle Kesselanlagen und Öfen, z. B. Prozeßöfen, wie Drehrohröfen, Trockenanlagen für die Herstellung von Ziegelsteinen, Trockentrommeln, Hochöfen oder andere Ofenanlagen benutzt werden, mit welche sich eine optimale Verbrennung und damit auch ein hoher thermischer Wirkungsgrad erzielen läßt.

Gemäß Verfahrensanspruch 2 ist eine zusätzliche Kühlung der gereinigten Rauchgase vor deren Rückführung in die Brennkammern oder Verbrennungsräume der Motoren- oder Gasturbinenanlage vorgesehen. Dies kann dabei durch Verwendung eines Rekuperators oder eines Abhitzeessels erfolgen, so daß z. B. über einen Wärmeträger eines Sekundär-Kreises eine Dampfturbine betreibbar ist. Die Kühlung der Rauchgase trägt dabei zur weiteren Verringerung des NO_x -Gehaltes bei, da sich eine bessere Flammenkühlung ergibt und somit die Stickstoffoxydabgabe sich verringert.

Gemäß Verfahrensanspruch 3 erfolgt dabei die Regelung der nahezu stöchiometrischen Umsetzung der freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen des Rauchgases in der ersten Nachverbrennungsstufe in Abhängigkeit der Zusammensetzung der Rauchgase, welche sich unmittelbar hinter dem Auslaß der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage ergibt, sowie in Abhängigkeit von der Menge der in diesen enthaltenen Verbrennungsprodukte.

In Verfahrensanspruch 4 sind dabei die Parameter zur Regelung der Zugabe zusätzlicher Brennstoffmengen und von Sauerstoff bzw. Verbrennungsluft in der zweiten Nachverbrennungsstufe aufgeführt.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage gemäß den Patentansprüchen 1–5 ergibt sich dabei aus Patentanspruch 6, wobei die Patentansprüche 7–11 vorteilhafte Ausbildungen dieser Vorrichtung beinhalten.

Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage mit nachgeschalteter Kesselanlage oder Prozeßofen übernehmen diese nachgeschalteten Anlagen gleichzeitig mehrere Funktionen, welche ansonsten separate Komponenten übernehmen müßten. Es erfolgt insofern die Nachverbrennung und Reduktion aller vorhandenen schädlichen Abgasbestandteile und auch von Ruß und in diesem eingelagerter Schadstoffanteile (z. B. Benzol), die Nutzung anfallender Wärme durch einen Wärmetauscher und aufgrund der Abmessung der Kesselanlage oder des Prozeßofens die Anlage eines "Schalldämpfers".

Insofern ergeben sich erhebliche Investitionseinsparungen, Schadstoffsenkungen, eine bessere Nutzung der vorhandenen Erzeugungsanlage im Sinne eines Blockheizkraftwerkes, ein höherer Gesamtwirkungs- und Gesamtnutzungsgrad sowie ein verringerter Einsatz von Verbrennungsluft und Brennstoffen.

Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie der Vorrichtungen und Anlagen zur Durchführung dieses Verfahrens ergeben sich im übrigen aus den Patentansprüchen sowie der nun folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens und der zur Durchführung dieses Verfahrens verwendeten Anlage.

In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Schaltung eines Kraft-Wärme-Kopplungssystems mit integrierter Abgasnachbehandlung, in welcher zusätzliche Brennstoffmengen dem Abgas der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage zugemischt werden, bevor dessen Schadstoffe in einer nachgeschalteten Kesselanlage zur Abgasnachbehandlung nachverbrennen.

Die in dem Kraft-Wärme-Kopplungssystem der Fig. 1 verwendete Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) besteht prinzipiell aus einer Ein- oder Mehreinheitenanlage zur Erzeugung einer hohen Antriebsleistung für einen anzutreibenden Generator.

In deren Verbrennungsräume bzw. Brennkammern werden Primär-Brennstoffe (1), z. B. Dieselöl, Erdgas, oder andere fossile Energieträger darstellende Öl- oder Gasarten verbrannt. Da derartige Antriebseinheiten im Abgas einen 5–15%igen Restsauerstoffanteil auch bei Abgasrückführung aufweisen, und somit zwangsweise aufgrund der Verbrennungstemperaturen von z. B. 1000–1200°C ein großer Anteil schädlicher Stoffe, wie NO_x , HC, SO_2 , CO, im Abgas vorhanden ist, wird dies einer integrierten Abgasnachbehandlung unterworfen, bevor es nach Abgabe eines bestimmten Anteils seines Wärmeinhaltes als vorgewärmtes Prozeßgas den Brennkammern bzw. Verbrennungsräumen wieder zugeführt oder teilweise oder ganz in die Atmosphäre ausgelassen wird.

Die Antriebseinheiten können dabei auch aus einer Kombination von mehreren nach- oder parallelgeschalteten Verbrennungsmotoren- oder Gasturbinenanlagen (Verdichter, Brennkammern, Turbinen mit Generator) bestehen.

Die Rückgewinnung eines Teils des Wärmeinhaltes des Abgases erfolgt dabei in einer gleichzeitig einen Wärmetauscher und mindestens einen Abhitzeessel bildenden Kesselanlage (3), wobei in dieser gleichzeitig

die eigentliche Abgasnachbehandlung stattfindet.

Zu diesem Zweck erfolgt in Abhängigkeit von der im Abgas an einer Meßstelle (11) unmittelbar hinter der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage gemessenen Sauerstoffkonzentration, von den freien oder gebundenen reaktiven oder molekularen Sauerstoffmengen (z. B. NO_x , SO_2 , CO) sowie von den gemessenen Abgasstoffkonzentrationen, Abgasstoffanteilen, Abgasmengen, der im Abgas gegebenen Strömungsgeschwindigkeiten, den Masseströmen des Abgases und der Abgastemperatur sowie dem Druck eine Eingebung und Einmischung von zusätzlichen Brennstoffmengen (13) in das in den Abhitzeessel bzw. die Kesselanlage (3) strömende Abgas, bzw. unmittelbar in diese Kesselanlage, so daß in einer ersten Nachverbrennungsstufe ein nahezu stöchiometrischer Verbrauch der gesamten Restsauerstoffmengen unter Reduktion der Abgasbestandteile wie NO_x , CO erfolgt, welche kleinere Sauerstoffbindungsenergien als CO_2 aufweisen, wobei die ohne zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe erfolgende Brennstoffzufuhr zumindest in einer derartigen Menge erfolgt, daß eine nahezu stöchiometrische Reduktion aller freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen dieser zu verbrennenden oder aufzusplittenden Abgasbestandteile bis auf die Restsauerstoffmengen der bei diesen Temperaturen nicht zu verbrennenden Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen, welche höhere Bindungsenergien als CO_2 aufweisen, eintritt, wobei aufgrund des gegebenen Verbrennungsluftmangels und trotz der sich einstellenden hohen Abgastemperaturen bei dieser Nachverbrennung eine Bildung von Schadstoffen wie NO_x und CO von vornherein niedrig gehalten und deren vorhandene Menge verringert wird.

Die Oxydation und Aufspaltung der Kohlenwasserstoffe und/oder Kohlenwasserstoffverbindungen erfolgt dabei in einer zweiten Nachverbrennungsstufe in der Kesselanlage (3) nahezu stöchiometrisch durch dosierte Brennstoff- und Sauerstoff- bzw. Verbrennungsluftzugabe bei den dazu notwendigen Verbrennungstemperaturen, so daß aufgrund des aufrecht erhaltenen Verbrennungsluft- und Sauerstoffmangels eine zusätzliche Bildung von Schadstoffen wie NO_x und CO im wesentlichen auch bei Abkühlung der Rauchgase nicht erfolgen kann. Die Zugabe erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Abgases und/oder der Abgastemperatur und weiteren Parametern, welche die Verbrennung und chemische Aufspaltung der Kohlenwasserstoffe und/oder Kohlenwasserstoffverbindungen in der gewünschten stöchiometrischen Weise beeinflussen.

In der Kesselanlage (3) erfolgt dabei unter einem sehr hohen thermischen Wirkungsgrad die Verbrennung der im Abgas noch vorhandenen Brennstoffe, wie Rußbestandteile, sowie der zusätzlich entsprechend der Brennstoffregelung für eine stöchiometrische Verbrennung der Schadstoffe einzudüsenden Brennstoffmengen (13).

Die Regelung der Zugabe zusätzlicher Brennstoffmengen (13) sowie von Sauerstoff und Verbrennungsluft erfolgt dabei mittels Regelvorrichtungen, durch welche die Brennstoffzufuhr und eine gegebenenfalls noch notwendige Sauerstoffzufuhr über eine rechnergesteuerte und/oder programmierbare Steuerungs- und Regeleinheit (5) in der ersten und zweiten Nachverbrennungsstufe derart aussteuerbar sind, daß zumindest eine nahezu stöchiometrische Reduktion und Oxydation bzw. Aufspaltung der im Abgas vorhandenen Schadstoffe erfolgt.

Dies erfolgt dabei in Abhängigkeit von den über Meßvorrichtungen (z. B. Lambdasonde) festgestellten Massenströmen des Abgases, der Abgasströmungsgeschwindigkeit, reaktiven und/oder molekularen Sauerstoffmengen des Abgases, der Sauerstoffkonzentration, der Abgastemperatur und/oder im Abgas vorhandener unverbrannter Kohlenwasserstoffe bzw. Kohlenwasserstoffverbindungen.

Der Betrieb der Steuerungs- und Regeleinheiten (5) erfolgt dabei automatisch oder auch manuell. Ein manueller Betrieb bzw. Regelung erfolgt solange sich noch keine nahezu stationären Betriebsverhältnisse der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) und/oder der Kesselanlage (3) eingestellt haben. Dabei erfolgt zunächst manuelle eine Regelung entsprechend der dem Betreiber bekannten grundlegenden Parameter bzw. Betriebsverhältnisse (z. B. bei hauptsächlichen NO_x -Anteilen im Abgas). Die automatische Regelung mittels der Steuerungs- und Regeleinheit (5) erfolgt dann, wenn die Betriebsverhältnisse der Anlage ausreichend stationär sind, so daß insofern eine sichere automatische Regelung möglich wird.

Von dem Meßstellen befindet sich die Meßstelle (10) dabei im Abgasstrom der Kaminanlage (9). Diese Messung dient dabei speziell der Durchführung einer Abgaskontrolle. Die Meßstelle (11) befindet sich dabei im Abgasstrom unmittelbar hinter der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage, während die Meßstelle (10') sich im in der Kesselanlage ausströmenden nachbehandelten Abgasstrom befindet.

Außer Gas und Öl können als in den Feuerraum der Kesselanlage zusätzlich einzubringende Brennstoffmengen (13) auch Kohle, Kohlenstaub oder ein anderer brennbarer fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoff verwendet werden.

Die Verbrennung der im Abgas noch vorhandenen unverbrannten Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen kann dabei auch in einem zweiten nachgeschalteten Abhitzekeessel erfolgen, wobei nach Entfernung der durch die Abgasbehandlung bereits reduzierten Gase, wie N_2 , NO_2 , Brennstoffmengen (13) und Sauerstoff derart eingegeben werden, daß in stöchiometrischer Weise die bisher unverbrannten Kohlenwasserstoffe und -verbindungen in der zweiten Kesselanlage (3) verbrennen.

Der aus der Kesselanlage (3) austretende Abgasstrom wird dabei entweder über die Schornsteine der Kaminanlage (9) nach außen in die Atmosphäre abgegeben oder ganz oder teilweise als Abgasstrom (6) über einen Verdichter oder ein Gebläse (7) den Brennkammern bzw. Verbrennungsräumen der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage zugeführt. Über ein Abgasklappensystem (4) ist es dabei möglich, den Abgasstrom (18) der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) ganz oder teilweise dem Feuerraum der Kesselanlage (3) zuzuführen oder als Teilabgasstrom (8) in die Verbrennungsräume bzw. Brennkammern der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) zurückzuführen oder auch unmittelbar in die Kaminanlage (9) abzuleiten.

Vorzugsweise erfolgt dabei an der Meßstelle (10) im Abgasstrom vor dem Auslaß der Kaminanlage eine Kontrollmessung der zur Brennstoffregelung und Sauerstoffzuführung bzw. zur Erreichung der stöchiometrischen Verbrennung in der Kesselanlage (3) maßgeblichen Parameter, also der Abgasmenge, der Abgastemperatur, des Abgasdruckes, der Schadstoffkonzentration im Abgas (z. B. NO_x , CO, HC, SO_2) und weiterer für

die manuelle oder automatische Steuerung und Regelung des Prozesses notwendiger Parameter.

Das Kühlsystem der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) ist in Fig. 1 mit der Bezugsziffer (12) gekennzeichnet. Über eine Umwälzpumpe (14) mit Druckerhaltung wird dabei über eine Rücklaufleitung (15) das Kühlwasser dem Kühlsystem (12) der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) zugeführt. Der Kühl- bzw. Heizkreis läuft dann über die Leitung (16) weiter in den im Abhitzekeessel der Kesselanlage (3) angelegten Wärmetauscher und von dort in den Vorlauf (17) zu einem Wärmeverbraucher.

Gleichzeitig kann über eine Ventileinrichtung vorgesehen werden, daß ein Teil des Wärmestromes in einem Kühlturm gekühlt wird, so daß der Wärmestrom danach mit dem den Wärmetauscher des Wärmeverbraucher verlassen den Anteil die geeignete Prozeßtemperatur aufweist, um ein optimale Verbrennung der zugeführten Primär-Brennstoffe (1) zu bewirken. Der Rücklauf des Heiz- oder Wärmekreises ist dabei mit der Umwälzpumpe (14) versehen, so daß das rückzuführende Kühlmedium für die richtigen Verbrennungstemperaturen sorgt.

Insofern ist es zusätzlich möglich, auf die Schadstoffbildung in den Brennkammern und Verbrennungsräumen der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) Einfluß zu nehmen und dabei auch die Schadstoffbildung im Abgas zu verringern, wobei auch die bei Dieselmotoren anfallenden Schadstoffe wie SO_x beseitigt werden können. Ohne Verwendung einer Katalysatoranlage lassen sich dabei mit der bloßen Abgasnachbehandlung auch für Blockheizkraftwerke mit kleinen Leistungsgrößen die Emissionsgrenzwerte der "Technischen Anleitung Luft" (Februar 1986) bei geringem technischen und investiven Aufwand unterschreiten.

Um eine möglichst ideale Verbrennung der Primär-Brennstoffe (1) zu erreichen, wird im übrigen das gereinigte Abgas der zweiten Nachverbrennungsstufe teilweise den Brennkammern oder den Verbrennungsräumen der Motoren- und/oder Gasturbinenanlage unter Verringerung der sich dort im Betrieb einstellenden Verbrennungstemperaturen und unter Verringerung der sich dort ergebenden NO_x -Schadstoffbildung rückgeführt. Dies geschieht über das zwischen der Kesselanlage (3) und der Verbrennungsmotoren- und der Gasturbinenanlage (2) verlaufende Leitungssystem (19).

Bei der Abgasnachbehandlung für Blockheizkraftwerke ist dabei die Ausgangs- und Führungsgröße für die Auslegung der technischen Anlage des Kraft-Wärme-Kopplungssystems der eigene Wärme- und Strombedarf des jeweiligen zu versorgenden Unternehmens. Sowohl das Kraft-Wärme-Kopplungssystem (KWK-System) als auch das konventionelle Kesselsystem übernehmen dabei beim Blockheizkraftwerk die Wärmeversorgung. Die Eigenstromerzeugung erfolgt dabei lediglich im Parallelbetrieb zum öffentlichen Netz.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage, insbesondere von Dieselmotoren, deren Rauchgase zumindest teilweise direkt in den Brenner einer Nachbrennkammer eines Prozeßofens oder einer Kesselanlage geführt werden, um Rußbestandteile oder andere Verunreinigungen der Rauchgase dort ohne zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe lediglich unter Brennstoffzufuhr und unter erhöhter Temperatur

der Rauchgase auszubrennen, wobei der Betrieb der Motoren- und/oder Turbinenanlage parallel zu dem der Kesselanlage bzw. des Prozeßofens erfolgt, dadurch gekennzeichnet,

daß in einer ersten Nachverbrennungsstufe in der Nachbrennkammer unmittelbar oder nach einer kurzen Strecke hinter dem Auslaß der Motoren- und/oder Gasturbinenanlage zunächst nur solche Bestandteile der Rauchgase ausgebrannt werden, welche kleinere Sauerstoffbindungsenergien als CO_2 aufweisen, wobei die ohne zusätzliche Verbrennungsluftbeigabe erfolgende Brennstoffzufuhr zumindest in einer derartigen Menge erfolgt, daß eine nahezu stöchiometrische Reduktion aller freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen dieser zu verbrennenden oder aufzusplittenden Rauchgasbestandteile bis auf die Restsauerstoffmengen der bei diesen Temperaturen nicht zu verbrennenden Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen, welche höhere Bindungsenergie als CO_2 aufweisen, eintritt, wobei aufgrund des gegebenen Verbrennungsluftmangels und trotz der sich einstellenden hohen Rauchgastemperaturen bei dieser Nachverbrennung eine Bildung von Schadstoffen wie NO_x und CO von vornherein niedrig gehalten und deren vorhandene Menge verringert wird, daß diese teilweise ausgebrannten Rauchgase einer zweiten Nachverbrennung unterworfen werden, in welcher die Verbrennung und chemische Aufspaltung der in der ersten Nachverbrennungsstufe unverbrannt gebliebenen Kohlenwasserstoffe und -Verbindungen in einer weiteren Nachbrennkammer des ersten oder eines weiteren Prozeßofens oder einer derartigen Kesselanlage erfolgt, wobei diese unverbrannten Kohlenwasserstoffe und/oder Kohlenwasserstoffverbindungen nahezu stöchiometrisch durch dosierte Brennstoff- und Sauerstoff- bzw. Verbrennungsluftzugabe bei den dazu notwendigen Verbrennungstemperaturen ausgebrannt und gespalten werden, so daß aufgrund des aufrecht erhaltenen Verbrennungsluft- und Sauerstoffmangels eine zusätzliche Bildung von Schadstoffen wie NO_x und CO im wesentlichen auch bei Abkühlung der Rauchgase nicht erfolgen kann, und daß der derartig gereinigte Rauchgasstrom aus dieser zweiten Nachverbrennungsstufe teilweise den Brennkammern oder den Verbrennungsräumen der Motoren- und/oder Gasturbinenanlage unter Verringerung der sich dort im Betrieb einstellenden Verbrennungstemperaturen und unter Verringerung der sich dort ergebenden NO_x -Schadstoffbildung rückgeführt wird.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor Rückführung des gereinigten Rauchgasstromes in die Brennkammern oder Verbrennungsräume der Motoren- und/oder Gasturbinenanlage dieser gekühlt wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugabe der zusätzlichen Brennstoffmengen in der ersten Nachverbrennungsstufe zur Erreichung einer nahezu stöchiometrischen Umsetzung der freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen des Rauchgases in Abhängigkeit von der unmittelbar hinter dem Auslaß der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage gegebenen Rauchgaszusammensetzung und der Menge der in diesen

enthaltenen Verbrennungsprodukte geregelt wird.

4. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Regelung der Zugabe zusätzlicher Brennstoffmengen und von Sauerstoff bzw. Verbrennungsluft in der zweiten Nachverbrennung zur Verbrennung und chemischen Aufspaltung unverbrannter Kohlenwasserstoffe und Kohlenwasserstoffverbindungen unter nahezu stöchiometrischer Umsetzung mit den somit gegebenen freien Sauerstoff- und reaktiven, gebundenen Restsauerstoffmengen dieser Stoffe in Abhängigkeit von der gemessenen freien und/oder gebundenen molekularen Sauerstoffmenge im Rauchgas, der Sauerstoffkonzentration im Rauchgas, den Abgasstoffkonzentrationen und -anteilen, den Massenströmen des Rauchgases, den Rauchgasmengen, der Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgases und der Abgastemperatur des Rauchgases erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführung unter Zwischenschaltung von Abgas-Speichersystemen diskontinuierlich erfolgt.

6. Vorrichtung zum Betrieb einer Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage, insbesondere mit Dieselmotoren, sowie mit zumindest einer Nachbrennkammer eines Prozeßofens oder einer Kesselanlage, dadurch gekennzeichnet, daß die Kessel- oder Ofenanlage (3) zwei Nachverbrennungsstufen aufweist und vorzugsweise als Rekuperator betreibbar ist, so daß die in die Verbrennungsmotoren und/oder Gasturbinenanlage (2) rückzuführenden gereinigten Rauchgasströme kühlbar sind,

daß eine Regelvorrichtung (5) für die erste und zweite Nachverbrennungsstufe vorgesehen ist, so daß die in diesen Verbrennungsstufen beizumischenden Brennstoff-, Sauerstoff- oder Zuschlagmengen (13) zur Abgasnachbehandlung und zur Vermeidung der Bildung von Schadstoffen oder deren Verringerung in die Nachbrennkammern einführbar und/oder vorher einbringbar sind, und daß zur Rückführung eines Teils des Rauchgasstromes der Kessel- oder Ofenanlage (3) zu den Brennkammern oder Verbrennungsräumen der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage (2) ein Leitungssystem (19) zwischen Auslaß der Kessel- oder Ofenanlage und dem Einlaß der Brennkammern oder Verbrennungsräume der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage (2) vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Leitungssystem (19) ein Gebläse (7) zur Förderung des rückzuführenden Rauchgasstromes angelegt ist.

8. Vorrichtung nach Patentanspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage (2) nachgeschaltete Kessel- oder Ofenanlage (3) derart ausgelegt ist, daß sie als einzige Baueinheit gleichzeitig als Schalldämpfer, Rekuperator und als Vorrichtung zur Abgasnachbehandlung wirkt.

9. Vorrichtung nach den Patentansprüchen 6, 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Kessel- oder Ofenanlage (3) ein oder mehrere Kessel, Öfen, Drehrohröfen, Trockeneinheiten oder Schalldämpfer mit einem eine Nachverbrennung ermöglichenden Verbrennungsraum angelegt sind.

10. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß in das Leitungssystem (19) zwischen Kessel- und Ofenanlage (3) und der Verbrennungsmotoren- und Gasturbinenanlage (2) eine Rückführungsleitung für einen Teilstrom des Rauchgasstromes (18) einmündet und zuschaltbar ist, welche unmittelbar vom Auslaß der Verbrennungsmotoren- und/oder Gasturbinenanlage ausgeht.

11. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 6—10, dadurch gekennzeichnet, daß der Kessel- oder Ofenanlage (3) ein Kondensator nachgeschaltet ist, in welchem Bestandteile der Abgase auskondensierbar und unter ihre Kondensationstemperatur abkühlbar sind.

12. Verwendung einer Vorrichtung nach den Patentansprüchen 6—11 in einem Blockheizkraftwerk.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

